

Henryk BIEGALSKI<sup>1</sup>

## **PRZYDATNOŚĆ URZĄDZENIA ZMECHANIZOWANEGO DO WYZNACZANIA TRWAŁOŚCI ŚCIERNICY DO PRZECINANIA RĘCZNEGO**

W artykule przedstawiono porównawcze wyniki badań trwałości ściernic do przecinania ręcznego, używanych na dwóch urządzeniach: z całkowicie ręcznym prowadzeniem przez operatora narzędzia i na urządzeniu zautomatyzowanym symulującym warunki ręcznego przecinania ściernicą. Wykazano, że dla tych dwóch urządzeń nie ma istotnej statystycznie korelacji pomiędzy wartościami wskaźnika wydajności względnej  $G_A$ , reprezentującego trwałość ściernicy. Stwierdzono ponadto, że współczynniki korelacji pomiędzy rozkładami wartości wskaźników  $G_A$  są istotne statystycznie dla ściernic używanych na jednym rodzaju urządzenia.

### **1. WPROWADZENIE**

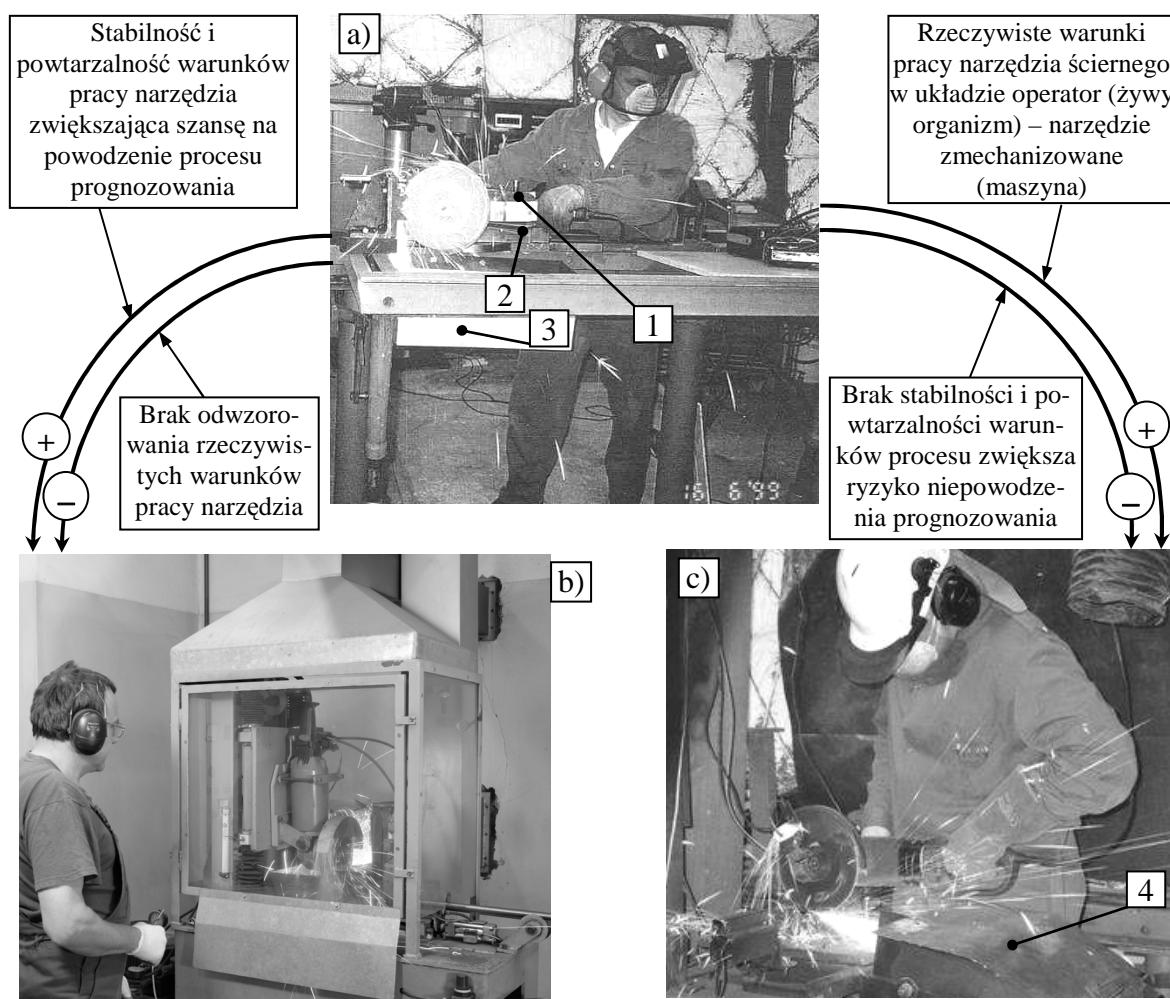
Podstawowe znaczenie dla uzyskania wiarygodnych wyników badań eksploatacyjnych narzędzi ściernych, używanych w warunkach obróbki ręcznej, odgrywa sposób uwzględnienia człowieka jako integralnego zespołu stanowiska roboczego. W pracy [2] dotyczącej prognozowania właściwości użytkowych ściernic do przecinania ręcznego, przed rozpoczęciem badań eksploatacyjnych tych narzędzi, należało dokonać racjonalnego wyboru rodzaju stanowiska (rys. 1).

Istniejące wówczas w Katedrze Technologii Maszyn i Automatykacji Produkcji Politechniki Gdańskiej stanowisko badawcze ściernic do przecinania ręcznego, w celu zapewnienia powtarzalności przemieszczania się ściernicy w przedmiocie, było już wyposażone w prowadnice ślizgowe 2 (rys. 1a), na których była umieszczona przecinarka BOSCH (poz. 1).

Należało podjąć decyzję:

- czy dla ostatecznego wyeliminowania źródła braku powtarzalności warunków pracy narzędzia, spowodowanego działaniem człowieka, dokonać dalszej mechanizacji i automatyzacji stanowiska, wzorując się na automatycznym urządzeniu symulującym warunki ręcznego przecinania ściernicą (symulatorze) (rys. 1b),
- czy dla zapewnienia rzeczywistych warunków pracy ściernicy powrócić do całkowicie ręcznego sposobu obróbki (rys. 1c).

<sup>1</sup> Politechnika Gdańska, Wydział Mechaniczny, Katedra Technologii Maszyn i Automatykacji Produkcji, Gdańsk, E-mail: hbiegals@pg.gda.pl



Rys. 1. Argumenty za (+) i przeciw (-) wyborowi rodzaju urządzenia do badań eksploatacyjnych ściernic do przecinania ręcznego: a) – dotychczasowe urządzenie badawcze w Katedrze, b) – automatyczny symulator przecinania ściernicą w firmie ANDRE, c) – stanowisko badań ściernic do przecinania ręcznego z prowadzeniem przecinarki przez operatora, 1 – przecinarka ręczna firmy BOSCH, 2 – prowadnice ślizgowe, 3 – wiskotyczny pochłaniacz zanieczyszczeń, 4 – zmodyfikowana wersja pochłaniacza zanieczyszczeń (poz. 3 na rys. 1a), [2]

Fig. 1. Arguments for (+) and against (-) the choice of the type of device for in service manual cut-off wheels: a) – current research device in the Department, b) – automatic cut-off tool simulator ANDRE company, c) – test station for cutting wheels manually by an operator, 1 – manual BOSCH cutter, 2 – sliding guides, 3 – viscous pollutants absorber, 4 – modified version of pollutants absorber (item 3 in Fig. 1a) [2]

Podstawowe argumenty za i przeciw dla każdego rozwiązania przedstawiono na rys. 1. Dodatkowo za rozwiązaniem pierwszym przemawiało znaczne zredukowanie zagrożenia operatora toksycznymi pyłami i dymami oraz hałasem, a także wyeliminowanie jego obciążenia psychicznego i fizycznego, wywołanego ręcznym prowadzeniem procesu. Ponadto dzięki temu rozwiązaniu można byłoby uzyskać znaczne zwiększenie wydajności prób eksploatacyjnych ściernic. Jednakże użycie automatycznego symulatora przecinania ręcznego, o budowie pokazanej na rysunku 1b, nie zapewniało odtworzenia specyficznych właściwości sztywnościowo-tłumiących oraz sterująco-wykonawczych organizmu ludzkiego [5]. Ostatecznie wybrano rozwiązanie drugie, decydując się na odtworzenie rzeczywistych warunków pracy narzędzia (rys. 1c). W rozwiązaniu tym dla zmniejszenia

zagrożenia operatora pyłami i gazami zastosowano zmodyfikowaną wersję specjalnego pochłaniacza zanieczyszczeń (poz. 4) [1]. Pewne znaczenie przy wyborze stanowiska z całkowicie ręcznym prowadzeniem ściernicy miało również to, że podobnego wyboru dokonano też w pracy badawczej [3].

## 2. METODYKA, PROGRAM BADAŃ I STANOWISKO BADAWCZE

W celu zapewnienia takich samych warunków zużycia ściernic, podczas ręcznego prowadzenia przecinarki, autor niniejszej pracy pełnił rolę operatora we wszystkich próbach eksploatacyjnych oraz obsługiwał urządzenia pomiarowo-rejestrujące stanowiska badawczego. Miało to zapewnić obiektywizm pomiarów i zbliżone warunki przeprowadzania prób [2]. Dla zminimalizowania wpływu czynnika ludzkiego, będącego głównym źródłem braku powtarzalności zachowań z powodu znużenia i zmęczenia [9], przyjęto następujące założenia:

- próby będą przeprowadzane w odstępach minimum siedmiu dni, aby operator przystępując do badań był w podobnej kondycji psychofizycznej,
- eksploatacyjne próby jednej ściernicy będą przeprowadzone w ciągu jednego dnia roboczego, przez okres nie dłuższy niż 10 godzin. Spełnienie tego warunku jest konieczne dla zapewnienia w kolejnych próbach, podobnego wpływu na warunki obróbki, tempa narastającego zmęczenia operatora,
- w trakcie badań będzie stosowana ta sama strategia prowadzenia narzędzia w przedmiocie obrabianym tj. „maksymalna wydajność przecinania”. Strategia ta jednocześnie:
  - jest zgodna z poglądem potencjalnego użytkownika pracującego w systemie zadaniowym i akordowym,
  - zapewnia głównie wytrzymałościowy charakter zużycia ściernicy [4],[6],[7],[8].

Przedmiotem badań porównawczych było 81 ściernic przeznaczonych do przecinania ręcznego, wykonanych przez firmę ANDRE z Koła, każda w innej odmianie technologicznej, lecz o wspólnej charakterystyce 42 – 230x3x22,23 95A24 R BF (tabela 1) [2].

Ocena trwałości każdej ściernicy została wykonana na podstawie 50 przecięć przedmiocie, którym był pręt o średnicy 20mm ze stali S235J0. Trwałość ściernicy była reprezentowana przez wskaźnik wydajności względnej  $G_A$ , wyznaczany ze wzoru [2]:

$$G_A = \frac{A_{PO}}{A_{sc}} \quad (1)$$

gdzie:  $A_{PO}$  – pole powierzchni przecięcia przedmiotu obrabianego,  $\text{mm}^2$ ,  
 $A_{sc}$  – pole powierzchni czołowej zużytej ściernicy,  $\text{mm}^2$  (w celu uzyskania pola powierzchni przecięcia  $A_{PO}$ ),

Tabela 1. Zestawienie odmian technologicznych badanych ściernic [2]  
 Table 1. Listing of cut-off wheels technological varieties [2]

Lp. data	Rodzaj partii	Symbol odmiany (wg firmy ANDRE)	Lp.	Rodzaj partii	Symbol odmiany (wg firmy ANDRE)
1	R	U/IV/Aa	46	S	W6/255b
2	S	U/IV/Ab	47	R	W6/256a
4	S	U/I/B	48	S	W6/256b
5	R	U/II/A	49	S	259/Ua
6	S	U/II/B	50	R	259/Ub
7	R	U/III/A	51	R	262/Ua
8	S	U/III/B	52	R	262/Ub
9	S	U/IV/B	53	S	B-279a
10	R	U/V/A	54	R	B-279b
11	S	U/V/B	55	S	B-280a
12	S	S/ST/AL	56	S	B-280b
13	R	S/I/A	57	R	B281BISa
14	S	S/I/B	58	S	B281BISb
15	R	S/II/A	59	R	B296BISa
16	S	S/II/B	61	R	POREXTRAb
17	S	S/III/A	62	S	POREXTRAc
19	S	S/IV/A	63	R	KKWEXTRAb
20	S	S/IV/B	64	R	KKWEXTRAc
23	S	B225a	65	R	ADSEXTRAb
24	S	B225b	66	S	ADSEXTRAc
25	R	B226a	67	R	PEREXTRAb
26	R	B226b	68	S	PEREXTRAc
27	S	B228a	69	R	REFEXTRAb
28	S	B228b	70	R	REFEXTRAc
29	S	B229a	71	S	FR(S)EXTRAb
30	R	B229b	72	R	FR(S)EXTRAc
31	R	B235a	73	R	PIR(S)EXTRAb
32	R	B235b	74	R	PIR(S)EXTRAc
33	R	B236a	75	S	KKWSTANDARDb
34	S	B236b	76	R	KKWSTANDARDc
35	S	B237a	77	R	ADSSTANDARDb
36	S	B237b	78	S	ADSSTANDARDc
37	S	W6/251a	79	R	PORSTANDARDb
38	R	W6/251b	80	S	PORSTANDARDc
39	S	W6/252a	81	R	KKWSOFTb
40	S	W6/252b	82	R	KKWSOFTc
41	R	W6/253a	83	S	ADSSOFTb
42	S	W6/253b	84	R	ADSSOFTc
43	S	W6/254a	85	R	PORSOFTb
44	S	W6/254b	86	S	PORSOFTc
45	S	W6/255a			

Oznaczenia: Lp. – liczba porządkowa odmiany technologicznej ściernicy według daty jej powstania,  
 S – ściernica używana na automatycznym symulatorze przecinania ręcznego, R – ściernica używana ręcznie

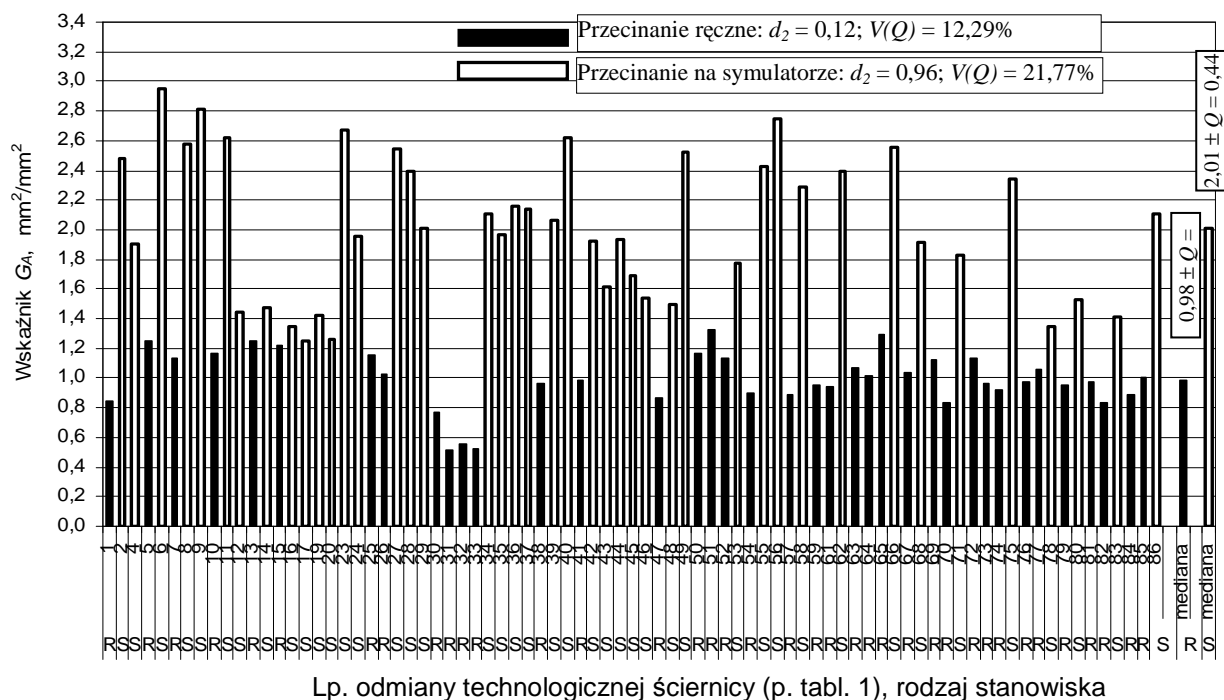
W badaniach eksploatacyjnych ściernic użyto dwóch stanowisk badawczych:

- stanowisko z całkowicie ręcznym prowadzeniem narzędzia w przedmiocie przecinanym (rys. 1c), używające ściernice oznaczone symbolami R (tabela 1),
- automatyczny symulator przecinania ściernicą (rys. 1b), używający ściernice oznaczone symbolami S (tabela 1).

W symulatorze, znajdującym się w Firmie ANDRE ABRASIVE ARTICLES w Kole, przecinarka zamocowana była na prowadniku przemieszczającym się pionowo. Układ napędu głównego o mocy 4 kW był sterowany tyrystorowo w celu zmiany prędkości obrotowej ściernicy. Ruch posuwowy ściernicy realizowano w sposób wymuszony siłownikiem pneumatycznym ze stabilizacją prędkości posuwu. Urządzenie wyposażono w układ sterowania automatycznego wszystkimi ruchami ściernicy, również dodatkowymi, oddającymi jej ruchy w szczelinie przecięcia. Na stanowisku tym zużyto 43 ściernice, oznaczone symbolem S.

### 3. WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Wyniki prób eksploatacyjnych ściernic wykonanych na symulatorze odnośnie do ich trwałości, porównano z wynikami prób przecinania ręcznego i przedstawiono je w relacji:



Rys. 2. Porównanie wartości wskaźnika powierzchniowej wydajności względnej  $G_A$  dla 38 ściernic zużytych ręcznie – oznaczenie R i 43 ściernic eksploatowanych na symulatorze – oznaczenie S,  $d_2$  – odchylenie przeciętne od mediany,  $V(Q)$  – współczynnik zmienności (dla odchylenia ćwiartkowego  $Q$ ),  $Q$  – odchylenie ćwiartkowe [2]

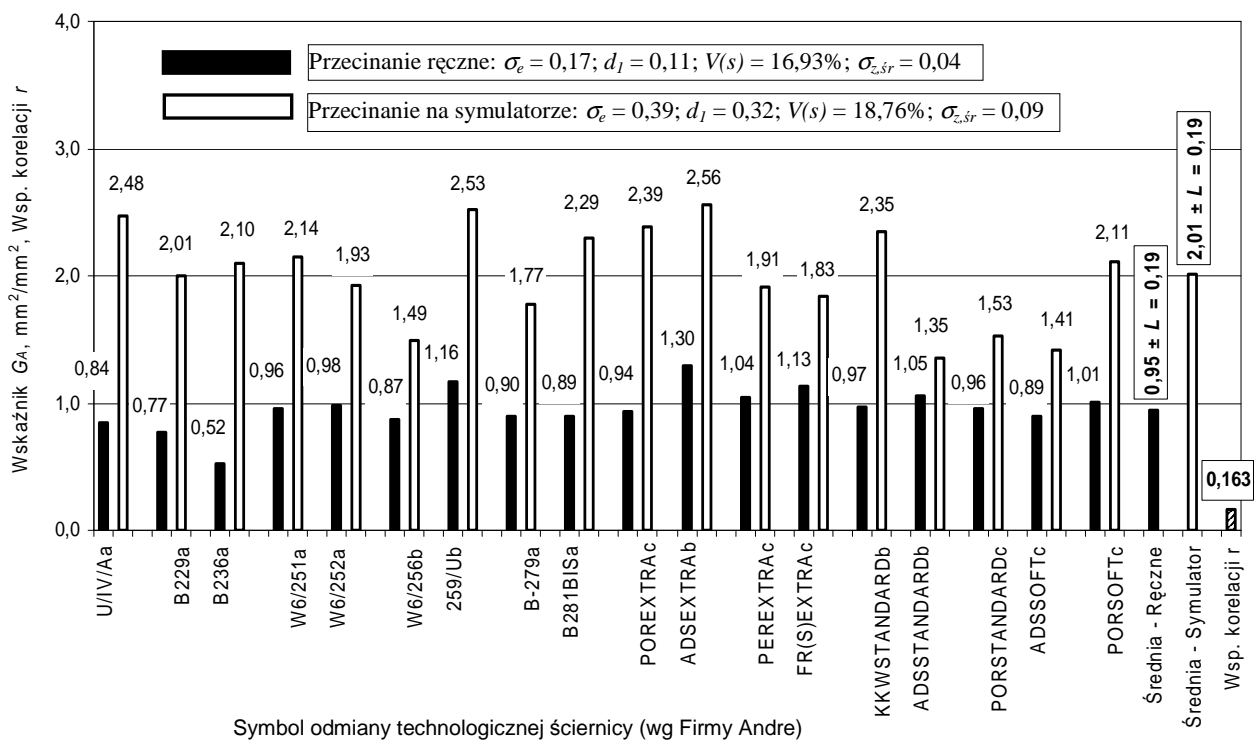
Fig. 2. Comparison of the surface relative performance indicator  $G_A$  for 38 wheels used by hand – mark R and 43 wheels operated in a simulator – mark S,  $d_2$  – average deviation from the median,  $V(Q)$  – the coefficient of variation (for deviations quadrant  $Q$ ),  $Q$  – deviation quadrant [2]

- 38 ściernic zużytych ręcznie – oznaczenie R oraz 43 ściernice przeznaczone do zużycia na symulatorze – oznaczenie S (rys. 2),
- 18 par ściernic bliźniaczych – ściernice wykonane według tej samej technologii oraz w tym samym miejscu i czasie (rys. 3).

Uzyskane z badań rozkłady wartości wskaźników wydajności względnej  $G_A$  poddano testowaniu statystycznemu, którego wyniki zamieszczono w tabeli 2.

Z porównania wyników prób technologicznych ściernic przedstawionych na rysunku 2 wynika, że użycie automatycznego symulatora, niezależnie od odmiany technologicznej, umożliwiło uzyskanie wyższej ich trwałości niż przy zużywaniu ręcznym. Mediana wskaźnika wydajności względnej  $G_A$  była ponad dwukrotnie większa dla ściernic zużywanych na automatycznym symulatorze niż uzyskana podczas przecinania w sposób ręczny. Uzyskano ponadto znacznie większe wartości miar rozproszenia wartości wskaźnika  $G_A$  dla otrzymanych podczas obróbki z użyciem symulatora niż podczas przecinania ręcznego.

Porównanie wyników prób dla osiemnastu par ściernic bliźniaczych (rys. 3), potwierdziło wyniki przedstawione na rysunku 2, odnośnie do relacji ich trwałości, ponieważ okazało się, że:



Rys. 3. Porównanie wartości wskaźnika powierzchniowej wydajności względnej  $G_A$  dla ściernic bliźniaczych zużytych ręcznie i na automatycznym symulatorze przecinania ręcznego,  $d_I$  – odchylenie przeciętne od średniej,  $\sigma_e$  – błąd eksperymentalny,  $V(s)$  – współczynnik zmienności (dla odchylenia standardowego  $s$ ),  $\sigma_{z,sr}$  – błąd standardowy średniej arytmetycznej zmiennej  $Z$ ,  $L$  – półprzedział ufności dla średniej zmiennej  $Z$  (przy  $\alpha = 0,05$ ) [2]

Fig. 3. Comparison of the surface relative performance indicator  $G_A$  for twin wheel hand and automatic manual cutting simulator,  $d_I$  – average deviation from the mean,  $\sigma_e$  – experimental error,  $V(s)$  – the coefficient of variation (for standard deviation  $s$ ),  $\sigma_{z,sr}$  – standard error of the arithmetic mean of the variable  $Z$ ,  $L$  – confidence half-interval for the average variable  $Z$  (with  $\alpha = 0,05$ ) [2]

Tabela 2. Zbiornicze wyniki wnioskowania statystycznego odnośnie do rozkładów wskaźnika wydajności względnej  $G_A$   
 Table 2. Summary results of statistical inference regarding the distribution of the relative performance index  $G_A$

Lp.	Testowana własność rozkładu	Dane na rysunku nr	2		3		4		5	
		Rodzaj przecinania	ręczne	symulator	ręczne	symulator	symulator		ręczne	
		Liczba ściernic	38	43	18	18	7	7	7	7
		Powinowactwo ściernic	niebliźniacze		bliźniacze		bliźniacze		bliźniacze	
		Nazwa testu								
1	Losowości próby	Liczby serii; $\alpha = 0,025$	L	L	L	L	X	X	X	X
2	Losowości próby	Losowości – kwantylowy;	X	X	X	X	L	L	L	L
3	Zgodność z rozkładem normalnym	Shapiro-Wilka; $\alpha = 0,05$	NN	NN	N	N	N	N	N	N
4	Równość wariancji w dwóch rozkładach normalnych	Fishera – Snedecora dla różnicy dwóch wariancji $\sigma_1^2$ i $\sigma_2^2$ ; $\alpha = 0,05$	X	X	$\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$		$\sigma_1^2 = \sigma_2^2$		$\sigma_1^2 = \sigma_2^2$	
5	Równość średnich w dwóch rozkładach normalnych. Zmienne niepołączone. Wariancje w obydwu populacjach nie są równe	$t$ Studenta dla różnicy dwóch średnich $\mu_1$ i $\mu_2$ ; $\alpha = 0,05$	X		$\mu_1 \neq \mu_2$		X		X	
6	Równość średnich w dwóch rozkładach normalnych. Zmienne niepołączone. Wariancje w obydwu populacjach są równe	$t$ Studenta dla różnicy dwóch średnich $\mu_1$ i $\mu_2$ ; $\alpha = 0,05$	X		X		$\mu_1 = \mu_2$		$\mu_1 = \mu_2$	
7	Współzależność dwóch cech	Test $t$ Studenta. Współcz. $r$ Pearsona	X		$r = 0,163$ nieistotny dla $\alpha = 0,05$		$r = 0,851$ istotny dla $\alpha = 0,005$		$r = 0,93$ istotny dla $\alpha = 0,001$	
8		Test $t$ Studenta. Współcz. $r_s$ Spearmana	X		$r_s = 0,16$ nieistotny dla $\alpha = 0,05$		$r_s = 0,75$ nieistotny dla $\alpha = 0,05$		$r_s = 0,821$ istotny dla $\alpha = 0,05$	

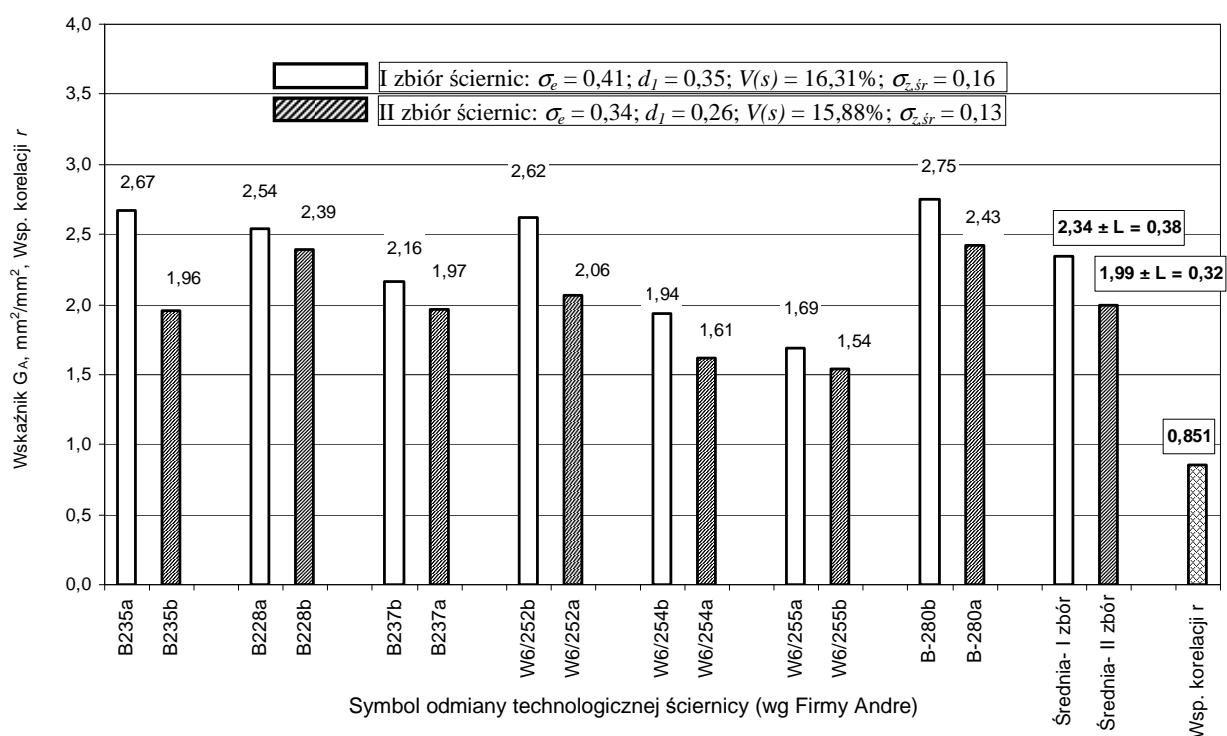
Oznaczenia: L – dobór ściernic do próby był losowy, N – rozkład wyników testu jest zgodny z rozkładem normalnym, NN – rozkład wyników testu nie jest zgodny z rozkładem normalnym, X – brak wnioskowania.

Źródło: opracowanie własne

- w każdym przypadku trwałość ściernicy bliźniaczej, eksploatowanej w sposób ręczny, była mniejsza od trwałości ściernicy użytkowanej na symulatorze,

- dysproporcje pomiędzy wynikami prób zużycia ściernic bliźniaczych odnośnie do ich trwałości obydwoma sposobami zużycia, były od 28% do 305% na korzyść przecinania z użyciem symulatora,
- średnie wartości trwałości ściernic uzyskane w przecinaniu ręcznym były ponad dwukrotnie mniejsze niż dla przecinania z użyciem symulatora. W wyniku testowania statystycznego stwierdzono, że średnie te nie są sobie równe (tabela 2),
- współczynnik korelacji  $r$  Pearsona wartości wskaźników powierzchniowej wydajności względnej  $G_A$  obydwu prób ściernic (rys. 3, tabela 2) wynosił tylko 0,16 co oznaczało, że dla poziomu istotności  $\alpha = 0,05$  można było przyjąć, iż nie zaistniał istotny związek pomiędzy wartościami wskaźników  $G_A$  w obydwu próbach ściernic – zużywanych ręcznie i na symulatorze.

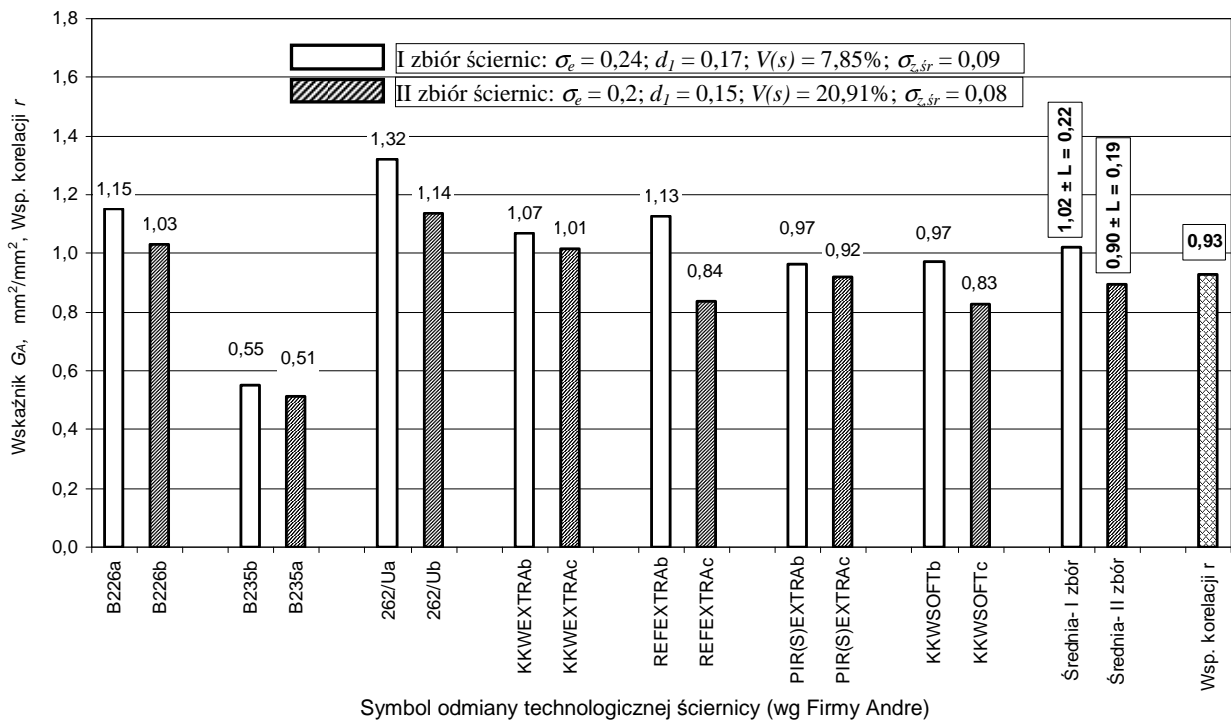
Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono porównanie rozkładów wartości wskaźników  $G_A$  dla dwóch prób ściernic bliźniaczych, eksploatowanych wyłącznie na symulatorze i tylko w przecinaniu ręcznym przez operatora. W celach porównawczych w każdej próbie stosowano ściernice z dwóch zbiorów, zawierających po jednej ściernicy bliźniaczej z każdej ich pary. Analiza wartości średniej wskaźników  $G_A$ , uzyskanych dla ściernic bliźniaczych, potwierdza tendencję do około dwukrotnego zawyżania trwałości dla ściernic eksploatowanych na symulatorze, w stosunku do prób przeprowadzanych w sposób całkowicie ręczny.



Rys. 4. Porównanie wartości wskaźnika powierzchniowej wydajności względnej  $G_A$  dwóch zbiorów ściernic bliźniaczych eksploatowanych na automatycznym symulatorze przecinania ręcznego, oznaczenia:  $\sigma_e, d_I, V(s), \sigma_{z,śr}, L$  jak na rys. 3, [2]

Fig. 4. Comparison of the surface relative performance indicator  $G_A$  of two sets of twin wheels operating on automatic manual cutting simulator, markings:  $\sigma_e, d_I, V(s), \sigma_{z,śr}, L$  as shown in Fig. 3, [2]





Rys. 5. Porównanie wartości wskaźnika powierzchniowej wydajności względnej  $G_A$  dwóch zbiorów ściernic bliźniaczych eksploatowanych w sposób ręczny, oznaczenia:  $\sigma_e, d_I, V(s), \sigma_{e,sr}, L$  jak na rys. 3, [2]  
 Fig. 5. Comparison of the surface relative performance indicator  $G_A$  of two sets of twin wheels operated by hand, marking:  $\sigma_e, d_I, V(s), \sigma_{e,sr}, L$  as in Fig. 3, [2]

Pewnym zaskoczeniem są uzyskane wartości współczynników korelacji pomiędzy obydwoma zbiorami badanych ściernic bliźniaczych, uzyskane na dwóch różnych rodzajach stanowisk. Okazało się, że uzyskano wyższą wartość tego współczynnika przy użyciu całkowicie ręcznego prowadzenia narzędzia w przedmiocie przecinanym ( $r$  Pearsona = 0,93) w porównaniu do zastosowania symulatora ( $r$  Pearsona = 0,851). Stało się tak, pomimo że oczekiwać można było odwrotnej relacji pomiędzy wartościami tego współczynnika, ze względu na większą powtarzalność i stabilność parametrów obróbki w przypadku użycia symulatora. W wyniku przeprowadzonej analizy statystycznej obydwu rozkładów wskaźników  $G_A$  ściernic bliźniaczych stwierdzono, że niezależnie od rodzaju użytego stanowiska, wartości współczynnika korelacji  $r$  Pearsona są istotne statystycznie (tabela 2). Przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$  można przyjąć hipotezę o równości średnich tych rozkładów.

#### 4. PODSUMOWANIE

Reasumując można stwierdzić, że użycie automatycznego symulatora procesu przecinania ręcznego ściernicą w obecnym wykonaniu, nie zapewnia dostatecznego odwzorowania właściwości układu operator-narzędzie zmechanizowane. Rozwiązanie to pomimo, że znacznie przyspiesza proces wyznaczania właściwości użytkowych narzędzia,

oraz znacząco chroni operatora przed szkodliwymi dla jego zdrowia produktami odpadowymi procesu, nie nadaje się do wyznaczania trwałości ściernic.

Można przypuszczać, że przyczyną niepowodzenia w zastosowaniu symulatora procesu ręcznego przecinania ściernicą jest nieuwzględnienie w jego budowie specyficznych właściwości organizmu człowieka jako operatora narzędzia zmechanizowanego. Do właściwości tych należą masowe, sprężyste i tłumiące cechy ciała człowieka [5]. Jest to układ o wielu stopniach swobody, w którym poszczególne narządy mają różne częstotliwości drgań własnych. Najwyższa wartość tej częstotliwości jest dla oczu ( $f_{01} = 60 \div 90\text{Hz}$ ), najniższa zaś dla kończyn górnych, narządów klatki piersiowej, kończyn dolnych ( $f_{01} = 3 \div 5\text{Hz}$ ). Natomiast dla człowieka, jako całości, częstotliwość drgań własnych  $f_{01}$  w pozycji stojącej wynosi od 4 do 6Hz, a dla pozycji siedzącej od 5 do 12Hz. Można przypuszczać, że około dwukrotnie mniejsza trwałość ściernic podczas przecinania ręcznego w porównaniu do uzyskanej podczas obróbki z użyciem symulatora, wynika ze zbyt dużej sztywności układu OUPN symulatora. Symulator ręcznego przecinania ściernicą powinien również mieć możliwość zadawania różnych strategii przemieszczania się ściernicy w przedmiocie przecinanym oraz uwzględniać rosnące zużycie i zmęczenie operatora, w miarę rosnącej liczby kolejno następujących po sobie zabiegów obróbkowych.

#### LITERATURA

- [1] BIEGALSKI H., 2008, *Sposób zmniejszania zanieczyszczeń środowiska naturalnego powstających podczas przecinania ściernicowego*, Patent. Polska, nr 202276. 15.12.2008.
- [2] BIEGALSKI H., 2010, *Metoda prognozowania właściwości użytkowych i jakości ściernic do przecinania*, Monografia 103, Gdańsk, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, 243.
- [3] GÓRSKI J., 2001, *Proces cięcia drewna elektryczną pilarką łańcuchową*, Rozprawy Naukowe i Monografie. Warszawa, Wydawnictwo Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego, 115.
- [4] *Katalog narzędzi ściernych firmy TYROLIT*. Ausgabe G (Austria).
- [5] KORADECKA D., (red.), 1997, *Bezpieczeństwo pracy i ergonomia*, Warszawa: Centralny Instytut Ochrony Pracy, 638.
- [6] SHAW M.C., 1972, *Fundamentals of grinding. New developments in grinding*, Proc. Int. Grinding Conf. Pittsburg, Carnegie Mellon University, 220–257.
- [7] SHAW M.C., 1975, *The rating of abrasive cutoff wheels*, J. Eng. Ind., 97/1, 138-146.
- [8] SHAW M.C., 1975, *Cost reduction in stock removal grinding*, Annals of the CIRP, 24/2, 539–542.
- [9] SŁOWIŃSKI B., 2004, *Systemowa ocena jakości ściernic ceramicznych*, Monografia 101, Wydziału Mechanicznego, Koszalin, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, 212.

#### THE USEFULNESS OF THE MANUAL ABRASIVE CUT-OFF WHEEL SIMULATOR USED FOR DETERMINING DURABILITY OF THE TOOL

The paper presents comparative results of the stability studies for cutting wheels manual consumed on two devices: a fully manual running the tool in the workpiece and the simulator manual cut-off tool. It has been shown that there is no statistically significant correlation between the values of the relative performance of  $G_A$ , representing the durability of the wheel, designated for these two devices. It was also found that the coefficients of correlation between the values of  $G_A$  distributions are statistically significant for grinding consumed on only one type of device.